

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

Jeovani Cleiton Anselmo

Produto Educacional

**Experimentos clássicos e animações educacionais para o
ensino das radiações ionizantes na educação básica**

Natal/RN
2024

Jeovani Cleiton Anselmo

Experimentos clássicos e animações educacionais para o ensino das radiações ionizantes na educação básica

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: EXPERIMENTOS CLÁSSICOS E ANIMAÇÕES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NA EDUCAÇÃO BÁSICA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN Natal-RN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto

Natal/RN
2024

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, quero agradecer aos meus familiares, em especial minha querida mãe, a sr^a. Maria Solange Guedes da Silva, que sempre devotou muito amor e cuidado tanto para comigo, quanto para o meu irmão e sempre fez questão que nós tivéssemos uma boa educação. Obrigado pela vida, dona Solange!

Quero agradecer à minha noiva Lais Leticia da Silva Neves (*in memoriam*), que sempre acreditou em mim (mesmo quando nem eu acreditava) e nunca permitiu que eu desistisse. Amor, você sempre foi o meu baluarte, a minha rocha, o meu porto seguro.

Deixo aqui também registrado a minha gratidão aos meus colegas de curso, em especial aos colegas do PET da graduação, por todo o apoio e carinho que me deram ao longo dessa jornada trabalhosa e muito gratificante que foi a licenciatura em física. Vocês sempre serviram de inspiração para mim.

Não poderia deixar de agradecer também à professora Ingrid Isabel Santos Pereira pelas correções ortográficas desta dissertação. Obrigado, Isabel.

Agradeço aos meus professores da graduação e do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do IFRN Campus Natal Central, polo 10, na pessoa do coordenador Dr. Edemerson Solano Batista de Moraes, por todo conhecimento compartilhado ao longo desses anos. Com destaque para o meu orientador, o prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto, por toda paciência, compreensão e importantes ensinamentos partilhados. Muito obrigado, professor.

Quero aqui agradecer também aos professores avaliadores deste trabalho; em especial ao prof. Dr. Paulo Cavalcante da Silva Filho (*in memoriam*) que, infelizmente, veio a falecer antes da entrega da versão final deste trabalho. Prof. Paulo, tenho orgulho de ter sido seu aluno durante a graduação, e me sinto honrado por ter tido o senhor como um dos examinadores da minha dissertação. Todos que tiveram o prazer de lhe conhecer, sabem que o senhor foi um gigante não só em estatura, mas principalmente de coração.

Agradeço também a Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela criação e

fomento, desse tão necessário programa de pós-graduação em ensino de física. Programa esse que permite a simples professores de física como eu, a possibilidade de poder contribuir com o ensino desta tão importante e linda disciplina que é a física.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – ícone do Photoshop	12
Figura 2 – Breve storyboard do vídeo 2	13
Figura 3 – ícone do Illustrator	14
Figura 4 – Vetor x bitmap	15
Figura 5 – Área de trabalho do Illustrator utilizada pelo autor e alguns dos principais painéis do programa	16
Figura 6 – Ícone do After Effects	16
Figura 7 – Área de trabalho do After Effects utilizada pelo autor e alguns dos principais painéis do programa	17
Figura 8 – Áudio do vídeo 4 sendo editado no Adobe Audition	18
Figura 9 – Vídeo 4 sendo renderizado no Adobe Media Encoder	19
Figura 10 – Experiência de Orsted	24
Figura 11 – Experiência de Hertz	26
Figura 12 – Experiência de Hertz em funcionamento	27
Figura 13 – Espectro eletromagnético	29
Figura 14 – Avaliação da aprendizagem sendo editada na plataforma Plickers	33
Figura 15 – Exemplo de um cartão Plickers	34
Figura 16 – Leitura das respostas dos alunos através do aplicativo móvel Plickers instalado no celular	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos de sistema mínimos e recomendados para utilização do software After Effects	11
Quadro 2 – Sequência didática	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OS SOFTWARES	10
2.1	O Photoshop	12
2.2	O Illustrator	14
2.3	O After Effects	16
3	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	20
4	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	22
4.1	Problematização inicial	22
4.1.1	Experimentos clássicos do eletromagnético	23
4.1.1.1	Experiência de Oersted	23
4.1.1.2	Experiência de Hertz	25
4.2	Organização do conhecimento	28
4.3	Aplicação do conhecimento	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS	37
	APÊNDICE A – ROTEIRO DO VÍDEO 1: O QUE É UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA?	38
	APÊNDICE B – ROTEIRO DO VÍDEO 2: O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	40
	APÊNDICE C – ROTEIRO DO VÍDEO 3: RADIAÇÕES ULTRAVIOLETA (UVS)	42
	APÊNDICE D – ROTEIRO DO VÍDEO 4: OS RAIOS X	44
	APÊNDICE E – ROTEIRO DO VÍDEO 5: RADIAÇÃO GAMA	46
	APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO INICIAL	48
	APÊNDICE G – AVALIAÇÃO FINAL DA APRENDIZAGEM	50

1. INTRODUÇÃO

As chamadas radiações ionizantes estão amplamente presentes no cotidiano do aluno, desde o momento em que ele passa a ser submetido a um exame radiodiagnóstico em uma clínica até a uma exposição ao Sol na praia. Porém, muitos desses alunos concluem a educação básica sem nunca terem ouvido falar de temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) como esse. E, quando esses conceitos são abordados na sala de aula, muitas vezes, são discutidos superficialmente, geralmente fazendo uso apenas do livro didático.

Daí decorre a importância de um trabalho como o nosso. A nossa proposta é que, em se tratando de temas de difícil abordagem devido a fatores como: a matemática envolvida e/ou dificuldades em se realizar atividades experimentais relacionadas (como alguns temas de FMC), o professor apresente esses assuntos junto às turmas fazendo uso de vídeos explicativos (usando motion graphics) como recurso didático.

Portanto, o nosso produto educacional consiste na aplicação de alguns experimentos clássicos do eletromagnetismo e na produção (e posterior aplicação) de vídeos animados para promover a aprendizagem de conceitos relacionados às ondas eletromagnéticas, mais especificamente, a física das radiações ionizantes. Os vídeos explicativos foram desenvolvidos usando alguns softwares da Adobe, como: o Photoshop, o Illustrator e o After Effects.

Utilizaremos esses programas por serem alguns dos softwares mais populares da indústria do Design Gráfico. E, pela gigantesca quantidade de ferramentas e recursos nativos que esses programas disponibilizam aos usuários, permitindo diversas possibilidades criativas. Criatividade essa que pode ser empregada na criação de imagens, infográficos e animações educacionais. Diante disso, recomendamos o uso deste produto educacional como mais um dos muitos recursos didáticos que podem vir a ser utilizados pelo professor no ensino de física no ensino médio.

2. OS SOFTWARES

Os softwares (ou programas) usados no presente trabalho podem ser obtidos através de uma assinatura da Adobe Creative Cloud (conjunto de aplicativos e serviços da Adobe). Inclusive, a empresa oferece desconto na assinatura para estudantes e professores.

Nas próximas seções, serão feitas breves apresentações dos softwares utilizados nas sínteses dos vídeos educacionais, produzidos neste trabalho. Logo, caso o leitor não tenha interesse em conhecer os programas e em produzir seus próprios vídeos animados, pode continuar a leitura do texto a partir da pág. 19, já que o desconhecimento destes programas não interfere na aplicação deste produto educacional.

As especificações técnicas mínimas (denominadas também de requisitos de sistema) para uma boa execução destes programas, como o After Effects, em computadores com sistema operacional Windows, por exemplo, estão contidas no quadro 1, na próxima página:

Quadro 1 - Requisitos de sistema mínimos e recomendados para utilização do software After Effects (para sistema operacional Windows)¹

	Mínimo	Recomendado
Processador	- CPU Intel® de 6ª geração ou mais recente – ou CPU AMD Ryzen™ 1000 Series ou mais recente - Compatibilidade com Advanced Vector Extensions 2 (AVX2) necessária  Observação: Não é possível instalar as versões 24.0 em processadores Intel® de 3ª geração ou mais antigos (nem em processadores AMD mais antigos).	CPU Intel® de 11ª geração ou mais recente com Quick Sync ou AMD Ryzen™ série 3000/Threadripper série 2000 ou mais recente
Sistema operacional	Windows 10 (64 bits) versão 20H2 ou posterior	Windows 10 (64 bits) versão 22H2 (ou posterior) ou Windows 11.
Memória	16 GB de RAM	16 GB de RAM para mídias HD 32 GB ou mais para 4K e superior
GPU	4 GB de memória GPU	4 GB de memória GPU para HD e algumas mídias 4K 6 GB ou mais para 4K e superior
Armazenamento	8 GB de espaço disponível em disco para instalação; é necessário espaço livre adicional durante a instalação (não instala em dispositivos de armazenamento removíveis baseados em flash) - Unidade adicional de alta velocidade para mídias	- SSD interno rápido para instalação e cache de aplicativos - Unidades adicionais de alta velocidade para mídias
Tela	1920 x 1080	1920 x 1080 ou maior - DisplayHDR 1000 para fluxos de trabalho em HDR
Placa de som	Compatível com ASIO ou Windows Driver Model da Microsoft	Compatível com ASIO ou Windows Driver Model da Microsoft
Conexão de armazenamento em rede	1 Gigabit Ethernet (somente HD)	Ethernet de 10 Gigabit para fluxos de trabalho 4K de rede compartilhada

Fonte: Adobe – Requisitos de sistema do After Effects

¹ Para sistema macOS, consulte o site: <https://helpx.adobe.com/br/after-effects/system-requirements.html>. Acesso em: 12 jan. de 24.

2.1 O Photoshop

O Photoshop é um dos softwares mais utilizados para edição e retoque de fotos, de banners, criação de montagens, pôsteres, folhetos, panfletos e anúncios publicitários. Ou seja, o Photoshop é amplamente utilizado pela indústria de design para tratamentos de imagens, de modo em geral. Disponível para download em computadores (sistema operacional Windows e MacOS), além da possibilidade de ser baixado e utilizado em celulares (Photoshop Express). Abaixo, apresentamos a logo do Photoshop:

Figura 1 – Ícone do Photoshop



Fonte: Logosmarcas.net – Photoshop Logo²

Utilizaremos o Photoshop, basicamente, para produção dos rafes (rascunhos) dos desenhos e cenas apresentadas durante os vídeos. Na criação dos rafes, o professor pode fazer uso do mouse ou ainda fazer uso de uma caneta e mesa digitalizadora para uma maior precisão no traçado e formas desenhadas.

O programa pode ser usado também na síntese dos chamados storyboards dos vídeos (vale destacar que o Adobe Illustrator também pode ser utilizado para esta finalidade). Recomendamos que o professor comece a desenvolver os storyboards dos vídeos, que virão a ser produzidos, apenas depois de concluídos os respectivos roteiros. Serão as narrativas presentes nos roteiros que vão determinar os tipos de desenhos e cenas que serão rascunhadas no Photoshop e, posteriormente, ilustradas no Illustrator e animadas no After Effects.

“Após o desenvolvimento do roteiro onde a narrativa já está definida, será o momento de desenvolver o storyboard, que tem o objetivo de organizar o projeto de forma gráfica, é a sequência de quadro a quadro de esboços onde representam as cenas da animação”. (AMARAL, 2018, p. 57).

² Disponível em: <https://logosmarcas.net/photoshop-logo/>. Acesso em: 12 jan. 24.

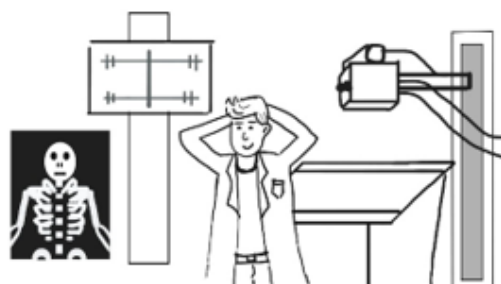
O Photoshop foi utilizado também no recorte e, quando necessário, no tratamento de imagens baixadas de sites da internet (como as imagens de alguns cientistas, utilizadas nos vídeos produzidos neste trabalho). Abaixo apresentamos um exemplo de um breve storyboard, criado na produção do vídeo 2:

Figura 2 – Breve storyboard do vídeo 2



Áudio: Somos expostos às radiações eletromagnéticas todos os dias. Desde um simples passeio em um dia ensolarado na praia com os amigos...

Vídeo: Carro deslocando-se na praia. Carro e coqueiros em primeiro plano.



Áudio: até o momento em que somos submetidos a um exame radiodiagnóstico numa clínica.

Vídeo: técnico de radiologia movendo os braços por trás da cabeça e observando uma radiografia.

Boa parte dessas radiações não são prejudiciais à nossa saúde.



Áudio: Felizmente, boa parte dessas radiações não são prejudiciais à nossa saúde.

Vídeo: texto sendo "escrito" na tela de modo gradual (animação de opacidade).



Áudio: Na verdade, uma delas pode até fazer com que o nosso organismo produza vitamina D.

Vídeo: Animação de rotação dos raios de Sol. Texto "vitamina D" vindo de baixo para cima (animação de posição).

2.2 O Illustrator

O Illustrator é o software de desenhos vetoriais da Adobe. Os desenhos vetoriais são construídos com base em cálculos matemáticos realizados pelo computador, a partir dos pontos e traços inseridos dentro do programa. Abaixo, apresentamos a logo do Illustrator:

Figura 3 – Ícone do Illustrator

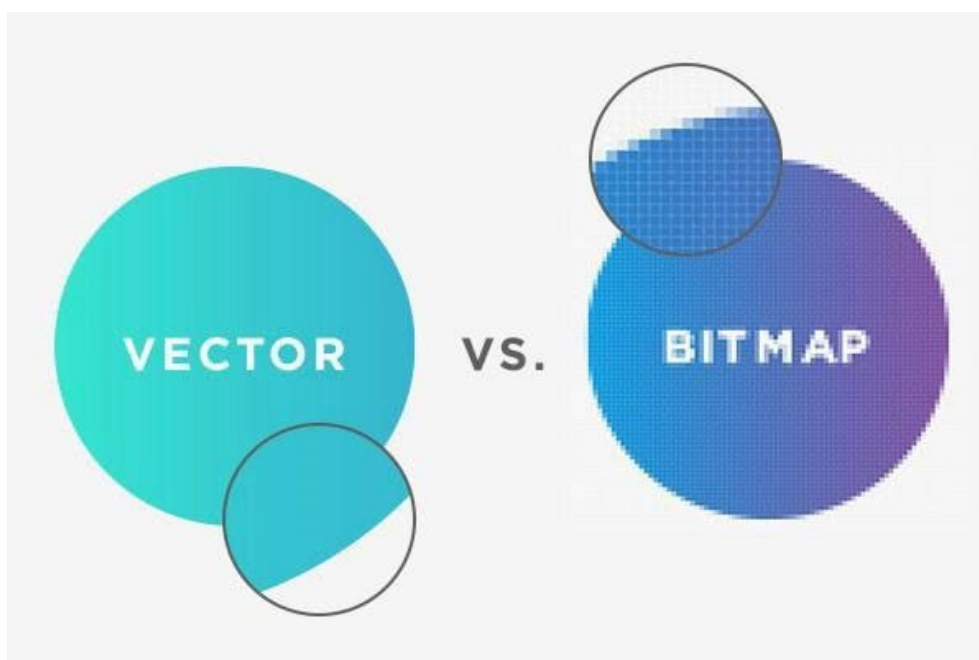


Fonte: Wikipedia – Arquivo: Adobe Illustrator CC icon.svg³

Basicamente, as imagens encontradas na internet podem ser classificadas em duas categorias: imagens bitmap (ou rasters) e imagens (ou gráficos) vetoriais. As imagens em bitmap são imagens digitalizadas, baseadas em pixels. Já as imagens vetoriais, como são feitas a partir de cálculos, fórmulas matemáticas específicas, não perdem qualidade quando a imagem é ampliada, por exemplo. Isso torna esse tipo de imagem mais adequada para desenhos que precisam ser redimensionados muitas vezes. Na figura 4, podemos ver uma representação do que seria uma imagem vetorial e uma imagem em bitmap (“pixada”):

³ Disponível em: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Adobe_Illustrator_CC_icon.svg. Acesso em 12 jan. 24.

Figura 4 – Vetor x bitmap

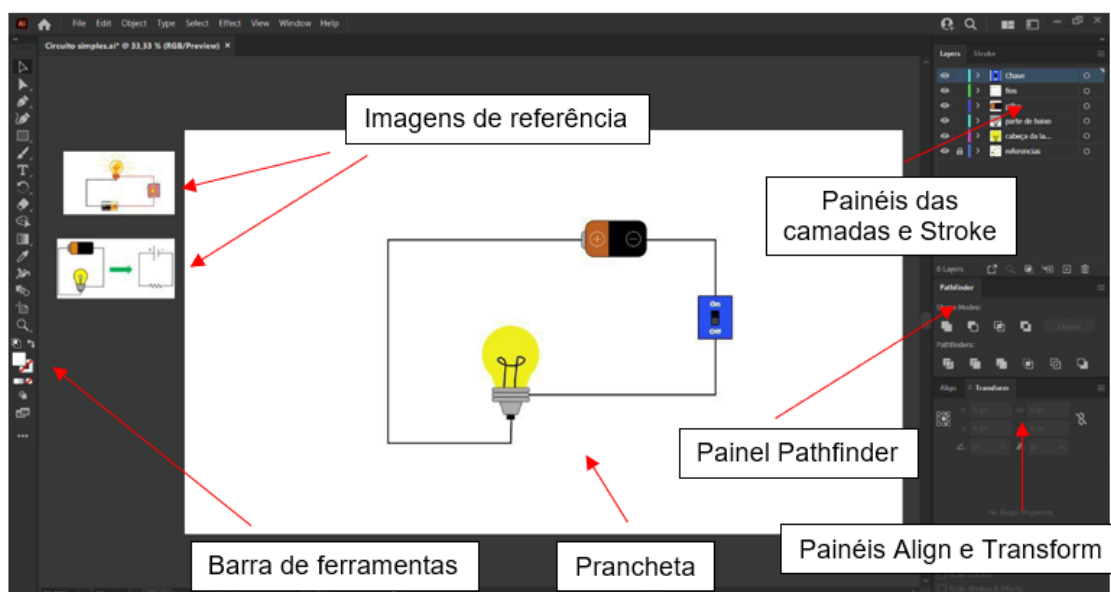


Fonte: Presentationteam - Trabalhando com bitmap e gráficos vetoriais⁴

O Illustrator será utilizado para produção da maioria das imagens exibidas durante os vídeos educacionais animados. Com a sua grande quantidade de ferramentas permite ao usuário a criação de desenhos incríveis. Daremos preferência à produção de desenhos flats (Flat Design) e infográficos (com predominância de formas geométricas). Na figura 5, podemos observar um desenho vetorial de um circuito simples produzido pelo autor aplicando os critérios mencionados acima.

⁴ Disponível em: <https://www.presentationteam.com/bitmap-and-vector-graphics-in-presentations>. Acesso em: 14 jan. 24

Figura 5 – Área de trabalho do Illustrator utilizada pelo autor e alguns dos principais painéis do programa



Fonte: elaborada pelo autor.

Para ajudar o professor na síntese dos seus próprios desenhos, recomendamos que este tome como base imagens e desenhos de referência (como exibido na figura acima). O professor pode encontrar essas “imagens de referência” em sites como: Freepik (<https://br.freepik.com/>), Pinterest (<https://br.pinterest.com/>), Pexels (<https://www.pexels.com/pt-br/>) etc, amenizando, assim, possíveis bloqueios criativos.

2.3 O After Effects

O After Effects é um software de pós-produção da Adobe e um dos principais programas utilizados pela indústria de animação. Um dos grandes diferenciais desse programa é a sua biblioteca com vários efeitos incríveis, tornando a edição de uma imagem ou de um vídeo ainda mais criativa. Abaixo, apresentamos a logo do After Effects.

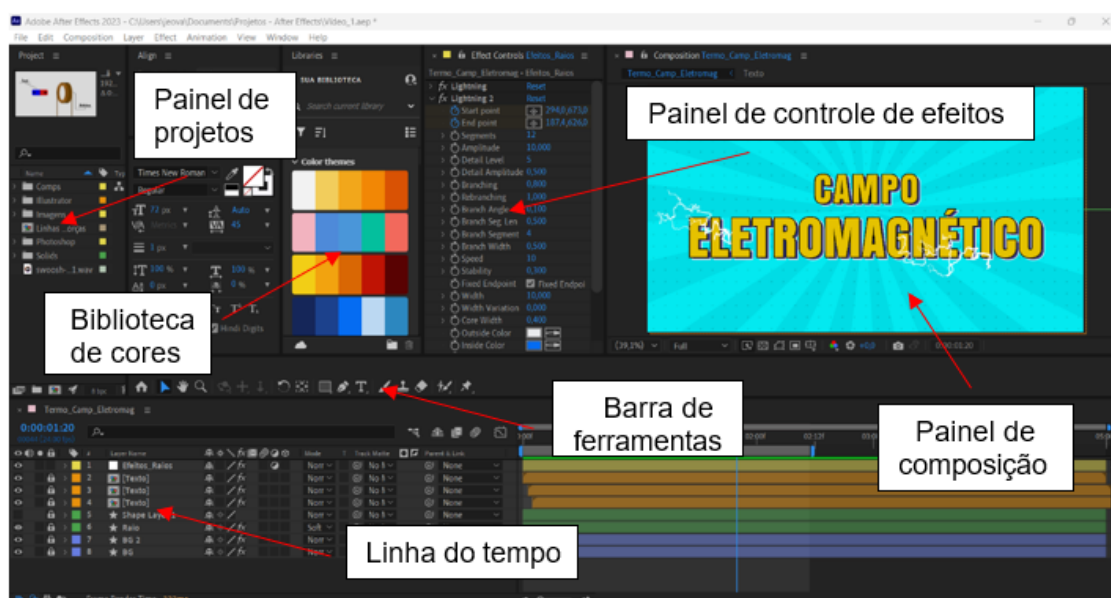
Figura 6 – Ícone do After Effects



Fonte: Logowik – Logotipo do After Effects⁵

Devido a boa interação entre os softwares da Adobe, podemos editar uma imagem no Photoshop, por exemplo, ou criar um desenho (vetor) no Illustrator e fazer a animação dele no After Effects. O usuário de outros programas da Adobe encontrará certa familiaridade em alguns dos muitos atalhos de teclado e nas diversas ferramentas do After Effects. Como podemos observar na figura 7, o layout do After Effects também é similar ao de outros programas da Adobe.

Figura 7 – Área de trabalho do After Effects utilizada pelo autor e alguns dos principais painéis do programa

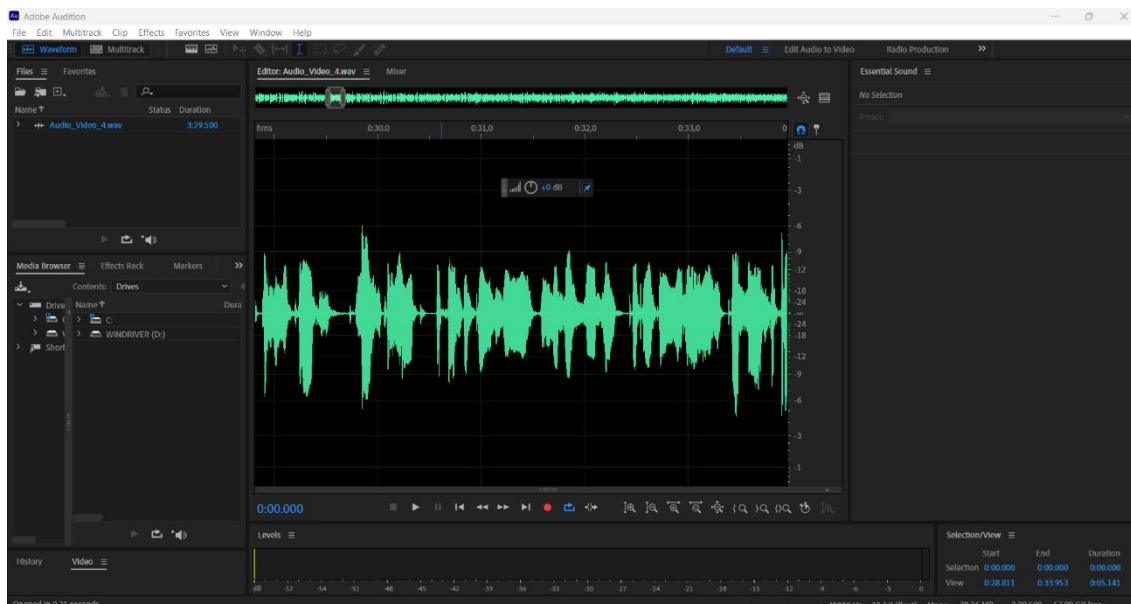


Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação ao tratamento de áudios gravados dos roteiros dos vídeos (como cortes de alguns trechos indesejados ou aplicação de efeitos), sugerimos a utilização do software Adobe Audition (programa da Adobe para edição de áudios), devido a boa interação com outros programas da Adobe, como o After Effects. Na figura 8, apresentamos o layout do programa.

⁵ Disponível em: <https://logowik.com/adobe-after-effects-logo-vector-56636.html>. Acesso em: 12 jan 24.

Figura 8 – Áudio do vídeo 4 sendo editado no Adobe Audition



Fonte: elaborada pelo autor.

Depois de finalizar as edições na composição final do vídeo, chega-se à etapa da exportação do arquivo, denominada também de renderização.

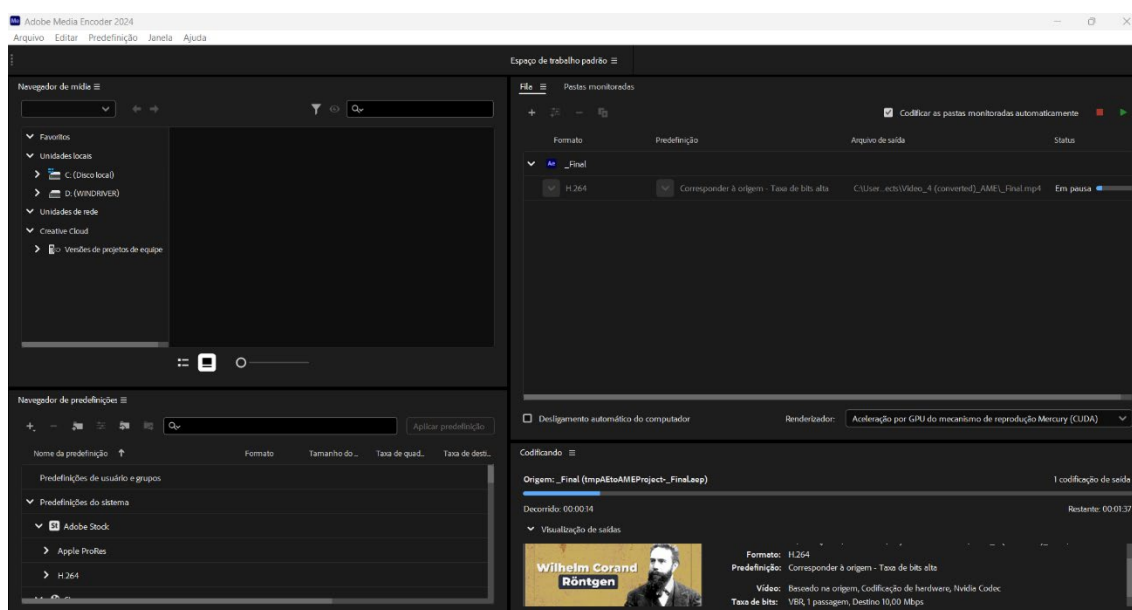
O usuário do After Effects tem, basicamente, duas formas de renderizar sua composição. A primeira delas seria clicando em Composition > Render Queue ou através do atalho de teclado Ctrl + M (para usuários do sistema operacional Windows), fazer as devidas configurações de exportação (como formato de saída do vídeo) e mandar o programa iniciar o processo de renderização.

A segunda forma de renderizar uma composição seria utilizando o software Adobe Media Encoder (programa de exportação de vídeo e áudio da Adobe), que pode ser baixado da plataforma Adobe Creative Cloud e instalado no computador. Para importar uma composição para a fila de renderização do Adobe Media Encoder, deve-se clicar em Composition > Add to Adobe Media Encoder Queue ou File > Export > Add to Adobe Media Encoder Queue ou ainda, através do atalho de teclado Ctrl + Alt + M (para usuários do sistema operacional Windows).

Como o Media Encoder disponibiliza ao usuário diversas predefinições de saída de filme/vídeo, além da possibilidade de customizar os parâmetros do render (customização mais completa do que a apresentada no Render Queue do After

Effects) e aceleração do processo de renderização via GPU, diminuindo assim o tempo de espera da exportação e melhorando a qualidade do arquivo final renderizado, optamos por fazer a renderização dos vídeos educacionais produzidos neste trabalho, através do Adobe Media Encoder. Na figura 9, apresentamos o layout do programa.

Figura 9 – Vídeo 4 sendo renderizado no Adobe Media Encoder



Fonte: elaborada pelo autor.

Todos os vídeos produzidos neste trabalho têm curta duração, visando não cansar os espectadores e seguindo a tendência atual da preferência por vídeos curtos, por parte do grande público, como podemos observar, por exemplo, nas redes sociais como Instagram e TikTok. Os vídeos produzidos têm o formato H.264 e resolução Full HD (1920 x 1080, formato muito utilizado em vídeos para o YouTube) e frame rate de 24 FPS (quadros por segundo).

3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Quadro 2 - Sequência didática

TEMA: Inserção do tópico de radiações ionizantes no ensino médio
PÚBLICO ALVO: Alunos do 3º ano do ensino médio
DURAÇÃO: 6 encontros
OBJETOS DE CONHECIMENTO: ● Breve história do eletromagnetismo; ● O conceito de ondas eletromagnéticas; ● O espectro eletromagnético; ● As radiações UV; ● Os raios X; ● A radiação gama.
OBJETIVO GERAL: ● Facilitar a compreensão do conceito de onda eletromagnética, assim como entender a importância de suas diversas aplicações na medicina e na tecnologia moderna, através de alguns experimentos históricos do eletromagnetismo e da exibição de vídeos animados sobre a temática das radiações ionizantes, tendo como apoio as premissas da Teoria dos Modelos Mentais (TMM), de Johnson-Laird e os resultados e princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM), de Richard Mayer. Ao final, aplicando este produto educacional com base na metodologia pedagógica dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs), de Demétrio Delizoicov. OBJETIVO ESPECÍFICOS: ● Fazer com que os estudantes percebam a ciência como uma construção humana, através da discussão da História e Filosofia da Ciência e desenvolver nos alunos a conscientização e o letramento científico, a partir das apresentações desses temas sob uma perspectiva CTS. ● Perceber a relação entre Eletricidade e Magnetismo, através do estudo de alguns marcos históricos e da realização de alguns experimentos clássicos do Eletromagnetismo; ● Diferenciar as várias ondas eletromagnéticas, assim como também as suas respectivas aplicações na Ciência, na Medicina e na Tecnologia; ● Identificar a importância das radiações ionizantes (principalmente para a evolução da medicina), levando também em consideração os perigos relacionados e os cuidados de proteção radiológica.

METODOLOGIA:

- Aulas expositivas dialogadas sobre os temas abordados nos vídeos;
- Uso de ambiente virtual de aprendizagem – como o Google Sala de Aula (*Google Classroom*) – para disponibilização dos vídeos e materiais usados durante as aulas;
- Roda de discussões com carácter avaliativo e para reflexão dos temas estudados (aplicando a metodologia da *tempestade de ideias*).

RECURSOS DIDÁTICOS:

- Aparatos experimentais;
- Livro didático;
- Material impresso;
- Notebook e projetor;
- Marcador para quadro branco e lousa.

AValiação:

- Questionários simples (produzidos usando o *Google Forms*). Após a realização de cada encontro, um questionário será disponibilizado na turma criada no Google Sala de Aula (*Google Classroom*);
- Debates por parte de alguns grupos de alunos, de modo a promover discussões a respeito dos assuntos apresentados durante os encontros;
- Avaliação final (aplicada no último encontro) para fazer o levantamento da aprendizagem dos alunos. Os alunos responderão também, a um teste de satisfação pessoal em relação a aplicação e qualidade do produto educacional. O teste de satisfação será aplicado através da plataforma virtual Plickers, onde a cada aluno será entregue um cartão com um código (a mudança na posição do cartão altera a resposta do aluno). Depois do tempo estipulado para cada resposta, o professor “escaneará” os cartões através do app Plickers instalado no celular, coletando assim, todas as respostas.

BIBLIOGRAFIA:

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física: eletromagnetismo e física moderna**. 1ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2010.

BISCUOLA, Gualter José; VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou. **Física 3: eletricidade: física moderna**. 3ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

PIRES, Antonio S. T. **Evolução das ideias da física**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O presente produto educacional foi pensado para ser aplicado em seis encontros em turmas do 3º ano do ensino médio. É esperado que os alunos tenham visto anteriormente alguns conteúdos fundamentais em Eletromagnetismo, como, por exemplo, o conceito de carga elétrica, campo elétrico, linhas de força, corrente elétrica e circuitos, ímãs e campo magnético, campo magnético de um condutor retilíneo, campo magnético de uma espira e indução eletromagnética.

Tomaremos como referenciais psicológicos para aplicação deste trabalho a Teoria dos Modelos Mentais (TMM), de Johnson-Laird, a qual afirma que o indivíduo aprende através da construção de modelos mentais; e a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM), de Richard Mayer, segundo a qual os alunos têm uma melhor compreensão dos conteúdos caso sejam apresentados através de imagens, infográficos, vídeos explicativos, animações etc. Já como referencial pedagógico, lançaremos mãos dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs) de Delizoicov e Angotti, em que, no primeiro momento pedagógico, temos a problematização inicial, fase em que os principais questionamentos em relação aos temas que serão desenvolvidos nas próximas etapas são levantados. Já no segundo momento, ocorre a apresentação das temáticas e dos conteúdos a serem abordados e ao longo desta etapa aprofundados. Por fim, no terceiro e último momento, denominado de aplicação do conhecimento, os alunos serão avaliados através da aplicação de um questionário avaliativo e de discussões (em grupos) das temáticas estudadas anteriormente.

4.1 Problematização Inicial

1º encontro (2 aulas de 45 min cada):

O professor pode iniciar a aula destacando a relevância dos temas que serão desenvolvidos ao longo dos próximos encontros e ao mesmo tempo, deve ouvir as concepções iniciais trazidas pelos alunos sem a necessidade de corrigi-las mesmo que essas explicações não estejam condizentes com as explicações científicas esperadas. Conforme ressaltaram Delizoicov e Angoti (1994, p. 72):

Possíveis desacordos entre posições de alunos devem ser explorados, de modo a se perceber as (in)consistências das explicações e modelos. Mesmo que estas estejam em total desacordo com o estabelecido cientificamente, não é necessário corrigi-las neste momento. Elas deverão ser retomadas e comparadas após ou durante o segundo momento, quando o conteúdo e as explicações científicas estiverem sendo abordados. Não se pretende que os alunos “adivinhem” o que a ciência já sabe sobre o assunto em questão; pretende-se, sim, apreender a visão dos alunos sobre o assunto.

Após esse primeiro momento de discussão, o professor deve aplicar um questionário junto à turma, que tem como objetivo fazer uma avaliação diagnóstica inicial, em relação aos conhecimentos que serão desenvolvidos nas aulas subsequentes. Essa avaliação diagnóstica inicial permitirá ao professor conhecer de forma mais sistematizada, as percepções trazidas pelos alunos a respeito dos temas apresentados no início da aula (ver apêndice F, na pág. 47).

4.1.1 Experimentos clássicos do eletromagnetismo

No final do primeiro encontro, o professor deverá reproduzir na sala de aula (ou no laboratório de ciências, se houver) duas das mais importantes experiências do eletromagnetismo: a experiência de Oersted, na qual comprovou-se a estreita relação entre a eletricidade e o magnetismo; e a experiência de Hertz, produzindo e detectando ondas eletromagnéticas.

Não nos preocupamos em reproduzir fielmente os experimentos originais, já que a intenção da reprodução dessas experiências é apenas fazer uma breve introdução dos primeiros conceitos de eletromagnetismo, como, por exemplo, a relação dos fenômenos elétricos e magnéticos, a partir da experiência de Oersted e o conceito de ondas eletromagnéticas, através da realização da experiência de Hertz.

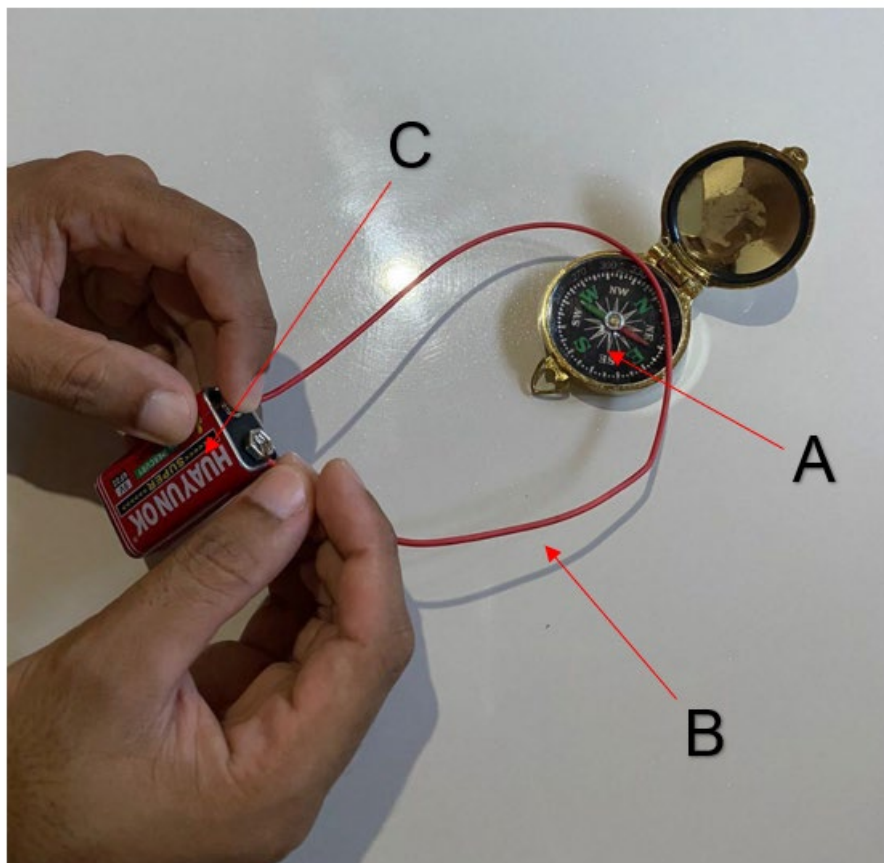
4.1.1.1 Experiência de Oersted

No ano de 1820, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) realizou um experimento que viria a ficar marcado para sempre na história da física: a descoberta do eletromagnetismo. Essa experiência consistia na observação de uma deflexão na agulha imantada de uma bússola quando esta era colocada, em paralelo, próxima de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica. Assim, evidencia-se a estreita relação entre eletricidade e magnetismo.

Para uma reprodução simplista da experiência de Oersted, precisaremos dos

seguintes materiais (como mostrados na Figura 10):

Figura 10 – Experiência de Oersted



Fonte: elaborada pelo autor.

A – bússola

B – pequeno pedaço de fio condutor (tamanho $1,0 \text{ mm}^2$)

C – bateria de 9,0 V

Ao reproduzirmos a experiência de Oersted desse modo, realizamos um curto-circuito ao conectarmos o fio condutor à bateria. Portanto, recomendamos o uso de uma bateria nova para visualização de uma deflexão mais acentuada da agulha da bússola.

Sugestões de questionamentos que poderão vir a serem realizados pelo professor após a experiência:

- Como explicar a deflexão da agulha da bússola ao ser aproximada do fio condutor pelo qual passa uma corrente elétrica? Qual o agente físico que faz a

agulha ser defletida?

- Por que, na ocasião da inversão dos polos da bateria, a agulha gira no sentido oposto ao primeiro caso observado?

4.1.1.2 Experiência de Hertz

No final do século XIX, o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) realizou uma série de experiências que culminaram com a comprovação da teoria eletromagnética de Maxwell. Em 1887, Hertz produziu e detectou ondas eletromagnéticas, na frequência das ondas de rádio.

O aparato experimental utilizado por Hertz, basicamente, consistia em fazer passar uma corrente (a alta tensão) numa antena emissora ligada a uma bobina de indução (denominada bobina Ruhmkorff). Quando ligada, a bobina produzia uma descarga oscilante no circuito a ponto de surgir faíscas entre dois eletrodos esféricos da antena, separados por uma distância muito curta. Assim, ondas eletromagnéticas são emitidas a partir desse primeiro circuito.

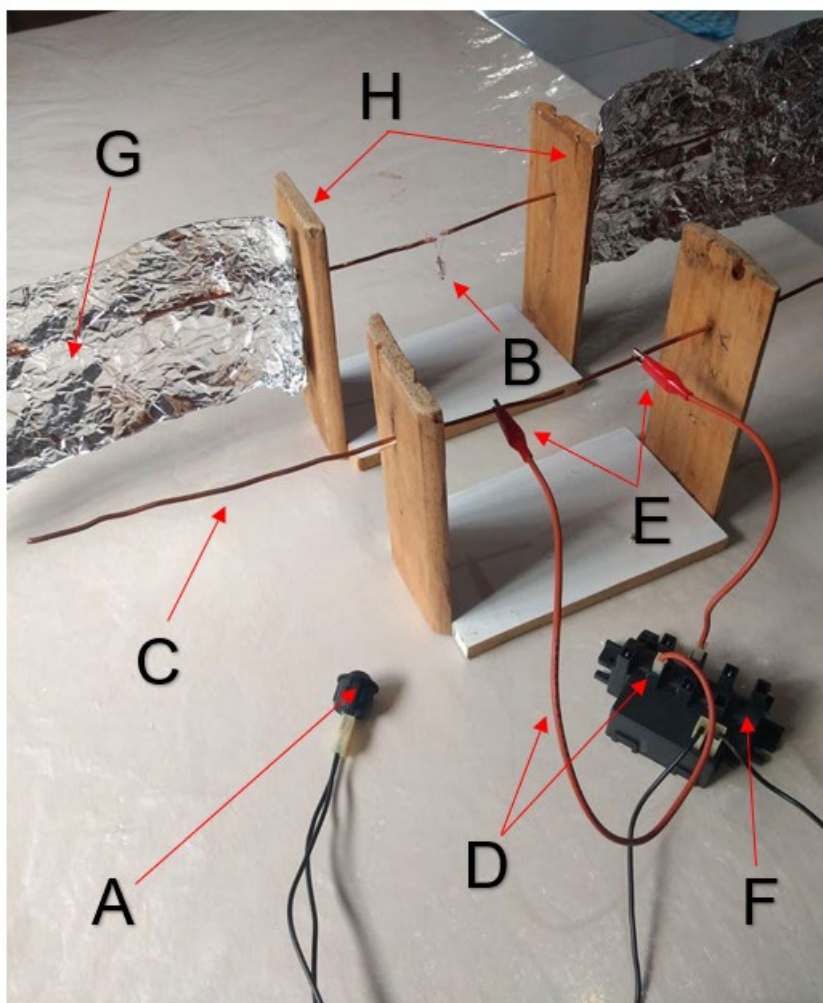
Para fazer a captação dessas ondas (ondas de rádio), Hertz usou uma segunda antena também com um par de esferas metálicas separadas por uma pequena distância. Ele percebeu que a cada centelha produzida na antena emissora, correspondia, simultaneamente, na síntese de uma centelha na antena receptora, mesmo quando separadas por distâncias consideráveis (Nussenzveig, 1997).

A partir de diversas outras experiências, Hertz percebeu que essas ondas (denominadas posteriormente de ondas hertzianas) apresentavam propriedades ondulatórias como: reflexão, refração e difração (como a luz). Hertz, mediu ainda, a velocidade de propagação dessas ondas, obtendo um valor muito próximo da velocidade de propagação da luz (c) conhecida na época. Comprovando assim, as previsões de Maxwell.

Na reprodução de ambos os experimentos (experiência de Oersted e experiência de Hertz) em sala de aula, recomendamos que o professor solicite a participação de alguns alunos na realização deles, obviamente, tomando todos os devidos cuidados de segurança. Essa abordagem tem o intuito de motivar os estudantes em relação a compreensão dos fenômenos apresentados e de promover uma aprendizagem mais dinâmica e interativa junto à turma.

Os materiais utilizados na confecção do experimento estão descritos abaixo e mostrados na Figura 11.

Figura 11 – Experiência de Hertz



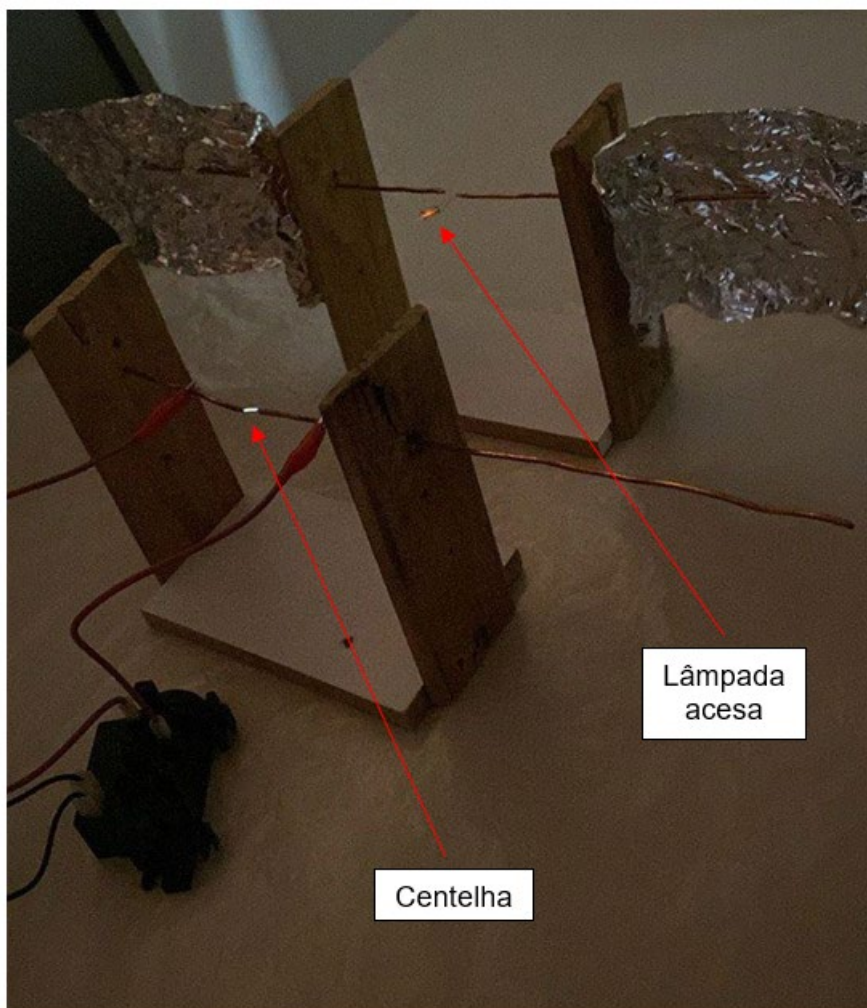
Fonte: elaborada pelo autor.

- A – Chave liga-desliga
- B – Lâmpada pequena de néon
- C – Aproximadamente 1 m de fio de cobre rígido (tamanho 6 mm²)
- D – Cabos elétricos flexíveis e conectores
- E – Duas garras jacaré tamanho pequeno
- F – Usina ignitora de acendimento automático para fogão
- G – Papel alumínio
- H – Placas de madeira

A usina ignitora faz o papel da bobina Ruhmkorff (utilizada no experimento original por Hertz). A usina transforma a tensão da rede em alta tensão produzindo centelhas entre as duas hastes de fio de cobre, resultando na produção e emissão de

ondas eletromagnéticas (na frequência das ondas de rádio) pela antena emissora e consequente captação dessas ondas pela antena receptora, fenômeno que podemos constatar na Figura 12 pelo acendimento da lâmpada.

Figura 12 – Experiência de Hertz em funcionamento



Fonte: elaborada pelo autor.

Sugestões de questionamentos que poderão vir a serem realizados pelo professor após a experiência:

1. O que faz a lâmpada na antena receptora acender?
2. Por que a lâmpada na segunda antena (antena receptora) acende, praticamente, no mesmo instante em que acontece a centelha na primeira antena (antena emissora)? Por que, praticamente, não há um atraso?
3. Por que ao colocarmos a mão entre as antenas a lâmpada apaga?

4.2 Organização do conhecimento

2º encontro (2 aulas de 45 min cada):

Primeiramente, teremos a apresentação dos temas que serão expostos aos alunos (a apresentação pode ser feita através do PowerPoint). O professor deve apresentar os conteúdos abordados ao longo das aulas, relacionando os mesmos com o cotidiano dos estudantes, de modo que eles venham encontrar significado nas discussões que se seguirão.

Após isso, o professor deverá apresentar aos alunos uma breve história do eletromagnetismo (de maneira expositiva dialogada), passando pelos principais nomes como, por exemplo, Hans Christian Oersted (1777-1851), André Marie Ampère (1775-1836), Michael Faraday (1791-1867), James Clerk Maxwell (1831-1879), Heinrich Hertz (1857-1894), Oliver Joseph Lodge (1851-1940), Guglielmo Marconi (1874-1937), dentre outros. Além de destacar as principais contribuições e experiências realizadas por cada um desses cientistas.

Ao final do encontro, os alunos assistirão ao vídeo 1 intitulado como “O que é uma onda eletromagnética?” (disponibilizado através do seguinte link do YouTube: https://youtu.be/O_alE2KiSYM e do QR code apresentado na próxima página) e, na sequência, assistirão ao vídeo 2: “O espectro eletromagnético” (disponibilizado através do link no YouTube: <https://youtu.be/XpMGdFxAJqE> e do QR code apresentado na próxima página). Na imagem 13, temos uma representação do espectro das radiações eletromagnéticas que poderá ser apresentada às turmas durante o encontro.

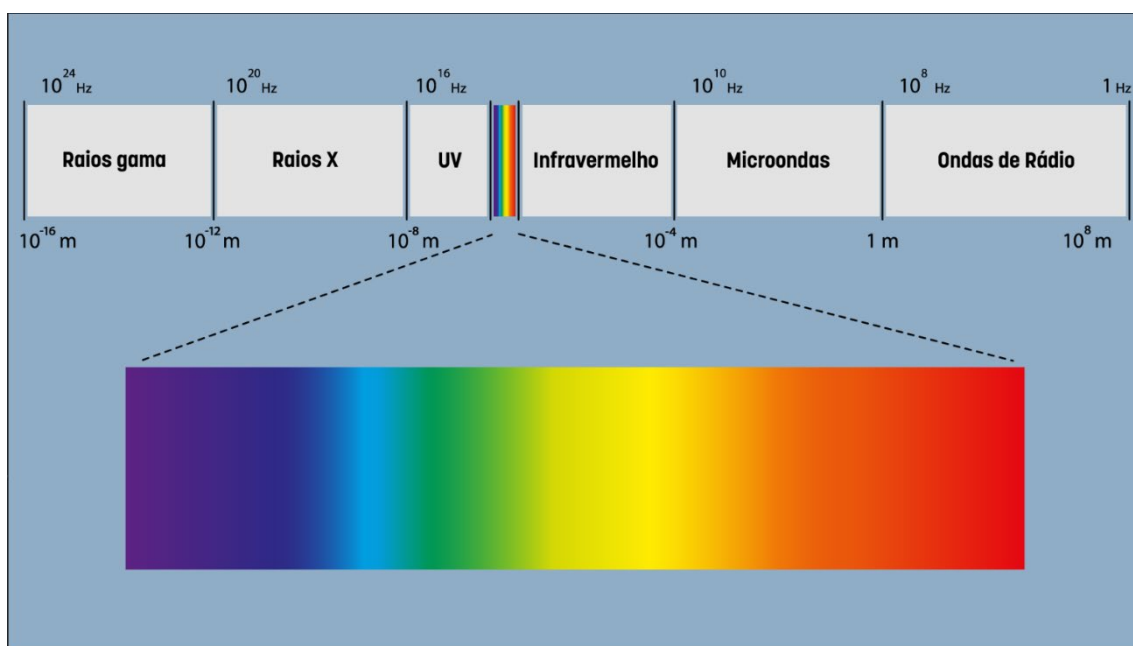
QR code de acesso ao vídeo 1:



QR code de acesso ao vídeo 2:



Figura 13 – Espectro eletromagnético



Fonte: elaborada pelo autor.

3º encontro (2 aulas de 45 min cada):

No primeiro momento, o professor irá discorrer sobre os perigos das Radiações UVs e os devidos cuidados necessários, como o uso de protetores solares com um fator de proteção solar (FPS) relevante. O professor deve também destacar a importância da camada de ozônio no que se refere a proteção da Radiação UV-C e os preocupantes "buracos" ocasionados pela emissão de poluentes, como os

clorofluorcarbonetos (CFCs). Ao final da aula expositiva, os alunos assistirão ao vídeo intitulado: "Radiações Ultravioletas (UVs)" (disponibilizado através do link do YouTube: <https://youtu.be/KZHlp5LIRfg> e QR code abaixo). Após a exibição do vídeo, o professor fará as considerações finais (sempre levando em conta as participações dos alunos).

QR code de acesso ao vídeo 3:



4º encontro (2 aulas de 45 min cada):

Sugerimos que o professor inicie a aula fazendo a narrativa da interessante descoberta dos chamados "raios X", pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), no final do século XIX. E, enfatizando a importante revolução que se sucedeu na medicina. Proporcionando a realização de exames não invasivos do organismo. É importante que o professor além de explicar a física dos raios X, destaque também as mais variadas aplicações que essa radiação possui assim como também os devidos cuidados de proteção radiológica, como por exemplo, a utilização de aventais de chumbo e protetores de tireoide por parte de pacientes submetidos a exames radiodiagnósticos e profissionais de radiologia. Finalizando a aula, os discentes assistirão ao vídeo animado: "Os raios X" (<https://youtu.be/cNMPIzeiwuA>), para fixar os conteúdos abordados durante o primeiro momento do encontro.

5º encontro (2 aulas de 45 min cada):

No quinto encontro, será apresentada à turma a temática da radioatividade, com enfoque na radiação gama. O professor pode iniciar a aula fazendo a distinção entre radiação corpuscular e radiação eletromagnética. Passando pelos vários tipos de emissões radioativas e destacando os diversos elementos químicos radioativos (denominados também de radioisótopos) naturais e artificiais.

Na sequência da aula, o docente pode discorrer sobre algumas das muitas aplicações da radioatividade, como, por exemplo, aplicações na medicina (com a radioterapia e medicina nuclear) e os processos de produção de energia decorridos dos avanços na física nuclear. Sem esquecer dos perigos relacionados à exposição a altas doses de radiação ionizante, como nos casos de acidentes nucleares e os problemas de saúde resultantes como os chamados efeitos biológicos da radiação.

É importante destacar que, de acordo com o nosso planejamento inicial, ao final da aula seria exibido o vídeo explicativo animado intitulado “radiação gama”. Porém, não conseguimos finalizar a produção desse vídeo a tempo de aplicar o produto educacional na turma. Todavia, depois de finalizado o vídeo, seu link de acesso (assim como seu QR code) serão adicionados ao arquivo do produto educacional.

Por fim, caso queira (e se houver tempo disponível para isto), o professor pode ainda exibir para a turma algum documentário sobre alguns dos principais acidentes nucleares da história (como o acidente nuclear de Chernobyl, na Ucrânia e o acidente radiológico de Goiânia com o Césio-137, em Goiás no Brasil), assim como nós faremos. Abaixo, deixamos como sugestão para os futuros professores que forem aplicar este produto em suas turmas, os links de dois bons documentários que serão exibidos no último encontro:

- Chernobyl: a história completa, do canal no YouTube “Ciência todo dia”:

<https://youtu.be/DiGqjYkRQ6o?si=fwquZPk5wn3ZVE0t>

- O maior desastre radioativo da história do Brasil - nostalgia animado, do canal no YouTube “Canal Nostalgia”:

<https://youtu.be/UrtenQ77IUA?si=DWTPxKUrKH2sACuR>

QR code de acesso ao vídeo 4:



4.3 Aplicação do conhecimento

6º encontro (2 aulas de 45 min cada):

No último encontro, o professor deverá promover um debate entre os discentes, lançando mão da metodologia da tempestade de ideias (ou brainstorming), separando a turma em dois grandes grupos. O primeiro grupo deve argumentar a favor da produção e do uso de energia nuclear (ênfatizando, que no Brasil temos algumas usinas nucleares em Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro). Já o segundo grupo apresentará argumentos contrários em relação à produção de energia nuclear e perigos relacionados à aplicação das radiações ionizantes, de modo geral.

Durante a realização dessa dinâmica, o professor atuará basicamente como um mediador das discussões, anotando os argumentos apresentados pelos grupos, e fazendo comentários a respeito das falas dos alunos quando julgar necessário, promovendo assim o debate. Os alunos que participarão da discussão serão sorteados pelo professor no momento da dinâmica. O grupo vencedor do debate, será aquele que apresentar uma quantidade maior de argumentos em favor do seu ponto de vista e melhor defendê-lo.

Finalizando o encontro, os discentes responderão a um questionário final, que servirá como avaliação da aprendizagem (ver apêndice G, na pág. 49). Vale destacar que para avaliação da aprendizagem, também levaremos em consideração a

participação dos discentes ao longo das aulas, assim como suas respectivas participações nas discussões em grupo.

As questões do questionário final serão apresentadas aos alunos através de slides feitos no PowerPoint, e exibidas durante a aula fazendo a utilização de um projetor. As questões foram editadas na plataforma Plickers (plickers.com), como mostrado na Figura 14.

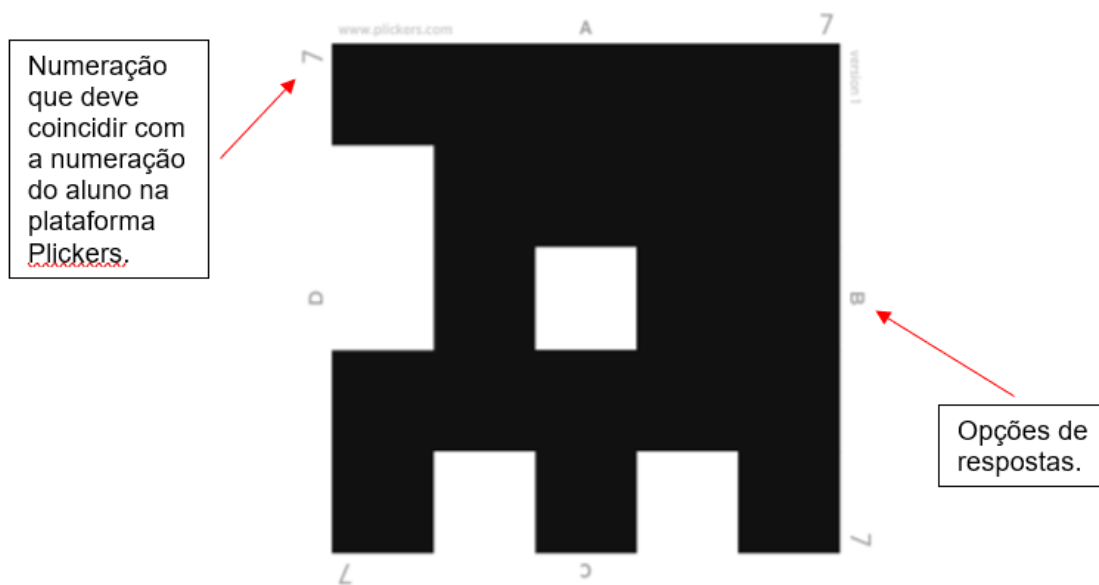
Figura 14 – Avaliação da aprendizagem sendo editada na plataforma Plickers



Fonte: elaborada pelo autor.

Para fazer “a coleta” das respostas dos alunos, o professor deverá registrar a turma na plataforma Plickers, de modo que ao final do cadastro, será associado um número específico para cada aluno da turma. No momento da aplicação do questionário, o professor entregará para cada discente um cartão Plickers (como mostrado na figura 15).

Figura 15 – Exemplo de um cartão Plickers



Conforme orientado no site do Plickers, para a utilização dos cartões o professor deve realizar, basicamente, três etapas:

1. Distribuir os cartões para cada aluno de acordo com a numeração exibida na plataforma.
2. Os alunos fornecerão suas respostas segurando o cartão recebido com o lado do código de barra virado para o professor. Deve-se orientar aos alunos que no momento da coleta das respostas da turma, a opção de resposta (A, B, C ou D) deve estar sempre na parte superior do cartão.
3. Para fazer a coleta das respostas, o professor deverá “scanear” o código de cada cartão exibido pelos alunos utilizando o aplicativo móvel Plickers⁷ através do celular (ver a figura 16).

⁶ Disponível em: https://assets.plickers.com/plickers_cards/PlickersCards_2up.pdf. Acesso em: 12 jan. 24

⁷ O aplicativo para dispositivo móvel Plickers pode ser baixado diretamente da loja do celular do professor.

Figura 16 – Leitura das respostas dos alunos através do aplicativo móvel Plickers instalado no celular



Fonte: Fonte: Tribuna de Minas⁸

⁸ Disponível em: <https://tribunademinas.com.br/especiais/publieditoria/05-10-2020/faculdade-ensin-e-mais-eficiencia-no-aprendizado-com-o-app-plickers.html>. Acesso em: 12 jan. 24.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que se refere aos conhecimentos necessários para um uso eficiente dos softwares utilizados, recomendamos que o professor assista a tutoriais em plataformas de vídeos como Vimeo e YouTube, principalmente aqueles que abordam animação computacional em si, utilizando o After Effects e, se possível, faça cursos/treinamentos online para aprimorar os conhecimentos apreendidos. Além, é claro, de estar sempre praticando.

Deixamos como sugestões de boas fontes de estudos e inspiração os seguintes canais na plataforma do YouTube relacionados a temática Motion Graphics: Em poucas palavras – Kurzgesagt, Layer Lemonade, Héber Simeoni, Barlavento Estúdio Criativo e o nosso próprio canal Ciência in Motion (criado com a finalidade de armazenar os vídeos desenvolvidos do presente trabalho, e demais animações educacionais sobre ciência que posteriormente poderão vir a serem desenvolvidas). Como sugestão de leitura deixamos o importante livro: *Criando motion graphics com After Effects*, de Trish e Chris Meyer e o riquíssimo livro *Manual de animação: manual de métodos, princípios e fórmulas para animadores clássicos, de computador, de jogos, de stop motion e de internet*, de Richard Williams (2016).

Acreditamos que o Motion Graphics pode ser utilizado pelo professor sempre que esse se deparar com conteúdos e temáticas de difícil abordagem, devido à complexidade matemática envolvida, por exemplo, ou as dificuldades na realização de experiências relacionadas aos assuntos. O Motion Design é um ótimo recurso quando se quer apresentar um tema de forma mais leve e objetiva. Não é à toa que é amplamente utilizado pelos canais de TV e na internet para produção de vídeos explicativos, relativamente curtos.

Diante de tudo que foi exposto no presente trabalho, acreditamos que o nosso produto educacional possui relevante potencial pedagógico, figurando como mais uma das muitas abordagens didáticas que o professor pode realizar na sua prática, enquanto docente da educação básica.

REFERÊNCIAS

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez editora, 1994.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências fundamentos e métodos**. 5ª ed. São Paulo: Cortez editora, 2018.

AMARAL, Elidiany Andreia de Oliveira do. **Animação em motion graphics para prevenção do Bullying em escolas brasileiras**. Monografia - curso de Tecnologia em Design Gráfico, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p. 95. 2018.

MEYER, Chris; MEYER, Trish. **Criando motion graphics com After Effects**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WILLIAMS, Richard. **Manual de animação: manual de métodos, princípios e fórmulas para animadores clássicos, de computador, de jogos, de stop motion e de internet**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

PIRES, Antonio S. T. **Evolução das ideias da física**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê Luiz; CHOW, Cecil. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

GARCIA, Eduardo A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 1998.

POLITO, Antony M. M. **A construção da estrutura conceitual da física clássica**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. Vol. 3. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

H. NUSSENZVEIG, Moysés. **Curso de física 3: eletromagnetismo**. Vol. 3. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física III: eletromagnetismo**. Vol.3 12ª ed. São Paulo: Adisson Wesley, 2009.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: ótica e física moderna**. Vol.4 14ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICE A – ROTEIRO DO VÍDEO 1: O QUE É UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA?

Você já ouviu falar em onda eletromagnética? Não?

Para entendermos o conceito de onda eletromagnética, vamos voltar no tempo para o ano de 1820, quando o físico dinamarquês Hans Christian Oersted estudando a ação da eletricidade sobre uma agulha imantada, percebeu que ao aproximar a agulha de um fio no qual passava uma corrente elétrica, esta sofria uma deflexão.

Anos depois, o físico francês André Marie Ampère descobriu e descreveu matematicamente um fenômeno eletrodinâmico que existia entre dois fios condutores paralelos que ao serem atravessados por correntes elétricas, no mesmo sentido, sofriam uma atração. Já se as correntes elétricas nos fios tivessem sentidos opostos, era observada uma repulsão. Ampère descobriu também que um material condutor enrolado numa espiral por um fio comportava-se como um ímã. O que hoje nós chamamos de eletroímã. A partir dos resultados de suas experiências, Ampère concluiu que os materiais com propriedades magnéticas (denominados de magnetos) seriam circundados por “correntes elétricas moleculares”, como se cada molécula fosse um pequeno eletroímã, reduzindo os fenômenos magnéticos a meras manifestações da eletricidade.

Outro personagem importante no estudo do eletromagnetismo foi o físico britânico Michael Faraday. Faraday foi, sem dúvidas, um dos maiores físicos experimentais de todos os tempos. Entre as suas experiências mais famosas, está a experiência na qual Faraday percebeu que ao movimentar um ímã no interior de uma bobina, fazia surgir na bobina uma corrente elétrica (que ele chamou de corrente elétrica induzida), descobrindo, assim, o fenômeno da indução eletromagnética. Além da descoberta da indução eletromagnética (que serviu para esclarecer ainda mais para a comunidade científica da época, a estreita relação entre a eletricidade e o magnetismo), Faraday deu ainda outras grandes contribuições à física, como, por exemplo, o conceito de linhas de forças e a introdução do termo “campo eletromagnético.”

Provavelmente, o maior nome em eletromagnetismo seja o do físico britânico James Clerk Maxwell. Maxwell compilou, em seus trabalhos, praticamente todo o conhecimento em eletricidade e magnetismo de sua época, compactando todo esse

conhecimento em quatro equações; hoje em dia conhecidas como “equações de Maxwell”. Um dos principais resultados obtidos por Maxwell foi o fato de que a luz é uma onda eletromagnética. Maxwell chegou nessa conclusão após encontrar o valor de 310 740 km/s para a velocidade da luz. Resultado bem próximo do obtido pelo físico Fizeau.

Porém, em seus trabalhos, Maxwell não disse como se produzir ondas eletromagnéticas (para além do espectro visível). Esse feito foi realizado pelo físico alemão Heinrich Hertz, que em 1888 produziu essas ondas utilizando um aparato experimental muito interessante.

A primeira pessoa a fazer uso das ondas eletromagnéticas (chamadas na época também de “ondas hertzianas”) na telegrafia sem fio, foi o físico britânico Oliver Joseph Lodge, em 1894. Porém Lodge não percebeu o gigantesco potencial tecnológico que essas ondas possuíam. A aplicação das ondas hertzianas na telecomunicação foi feita em 1901, quando o físico italiano Guglielmo Marconi enviou informações da Europa para a América do Norte (através de código Morse); realizando assim a primeira comunicação transatlântica.

Bem, depois da apresentação desse breve histórico do eletromagnetismo, devemos definir o que seria uma onda eletromagnética. Uma onda eletromagnética é uma perturbação que se propaga em alguns meios materiais e, até mesmo, no vácuo, constituída por um campo elétrico e um campo magnético acoplados um no outro e de velocidade aproximadamente igual a $3,0 \times 10^8$ m/s (ou 300 000 km/s). No próximo vídeo, apresentaremos o chamado espectro eletromagnético, assim como abordaremos algumas das mais variadas aplicações das ondas eletromagnéticas.

APÊNDICE B – ROTEIRO DO VÍDEO 2: O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Somos expostos às radiações eletromagnéticas todos os dias. Desde um simples passeio em um dia ensolarado na praia com os amigos, até o momento em que somos submetidos a um exame radiodiagnóstico numa clínica. Felizmente, boa parte dessas radiações não são prejudiciais à nossa saúde. Na verdade, uma delas pode até fazer com que o nosso organismo produza vitamina D. Por outro lado, algumas radiações (a depender da intensidade da radiação e do tempo de exposição) podem ser altamente nocivas à saúde humana. Essas radiações são denominadas radiações ionizantes.

As radiações ionizantes, juntamente com as radiações não-ionizantes compõem o chamado “espectro eletromagnético”. Essas radiações (ou ondas eletromagnéticas) podem ter desde frequências pequenas, como, por exemplo, 1 Hz. Ou podem possuir frequências altíssimas, como por exemplo, algo próximo de 1024 Hz. Podemos classificar essas ondas a partir das suas frequências de oscilação ou dos seus respectivos comprimentos de onda. O espectro eletromagnético compreende desde as ondas de rádio, até os chamados raios gama. As ondas eletromagnéticas são as seguintes: ondas de rádio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

Um fato interessante é que, somos completamente cegos em relação a maior parte do espectro. Só enxergamos uma pequena faixa “colorida” chamada de espectro visível. E a explicação para isso está relacionada com o nosso processo evolutivo. Como as frutas que nossos ancestrais coletavam e os animais que caçavam refletiam cores, predominantemente, que estavam dentro do espectro visível, a seleção natural fez com que nós só enxergássemos essas cores, nos tornando cegos para todo o restante do espectro eletromagnético. Outros animais possuem um espectro visível bem mais ampliado que o nosso, como por exemplo as borboletas, que conseguem enxergar as cores de uma flor na faixa do ultravioleta.

Mas o fato de não enxergarmos a maioria das ondas eletromagnéticas do espectro, não torna essas radiações menos importantes. São diversas as aplicações que essas ondas possuem na tecnologia e no nosso mundo moderno. As ondas de rádio, por exemplo, são amplamente usadas nas telecomunicações. Já as microondas

são usadas nas comunicações via celulares ou redes sem fios. Hoje, podemos encontrar câmeras que gravam na frequência do infravermelho. Sendo capaz de filmar (ou fotografar) imagens de pessoas (ou objetos) até mesmo no escuro, devido as trocas de calor que ocorrem entre esses corpos e o ambiente. A radiação ultravioleta pode ser usada por exemplo, numa cirurgia ocular a laser. Os raios X, por possuírem alto poder de penetração, são usados na odontologia e na medicina para obter imagens de partes mais densas do corpo humano (como dentes e ossos). A radiação gama, a mais energética das ondas eletromagnéticas, é usada desde um procedimento de radioterapia (na destruição de células cancerígenas), até mesmo na obtenção de energia numa usina nuclear.

Nos próximos vídeos, daremos mais enfoque na parte ionizante do espectro, ou seja, traremos mais detalhes a respeito das radiações ultravioletas, os raios X e os raios gama. Até a próxima aula!

APÊNDICE C – ROTEIRO DO VÍDEO 3: RADIAÇÕES ULTRAVIOLETA (UVS)

Como vimos no vídeo anterior, existe uma grande variedade de radiações eletromagnéticas. Vimos também, que estas radiações podem ser classificadas de acordo com as suas respectivas frequências ou comprimento de onda (1 comprimento de onda pode ser definido como sendo a distância entre duas cristas consecutivas, ou entre dois vales consecutivos da onda). Neste vídeo, iremos focar nas radiações que têm comprimento de onda entre 200 nm a 400 nm, as chamadas “radiações ultravioleta”.

O sol, como todas as demais estrelas, emite radiações nas mais variadas faixas de frequências. Sendo boa parte delas nocivas aos seres vivos. Como por exemplo, as radiações ultravioleta. Felizmente, as camadas superiores da atmosfera do nosso planeta se encarregam de absorver grande parte dessas radiações. Uma delas é a chamada camada de ozônio. Daí decorre a preocupação da comunidade científica internacional, em relação a destruição de áreas relevantes dessa camada, através da emissão de gases poluentes, como os chamados clorofluorcarbonetos (CFCs).

As radiações ultravioleta foram descobertas em 1801, pelo físico alemão Joham Wilhelm Ritter quando esse realizava experimentos de fotoquímica. O espectro das radiações ultravioleta pode ser dividido em três partes menores, sendo cada parte um tipo de radiação UV com características diferentes. São as chamadas UV-A, UV-B e UV-C.

A radiação UV-A tem grande capacidade de penetração, de modo que ao incidir sobre a pele humana, por exemplo, atinge camadas mais profundas podendo interagir e modificar algumas proteínas como a elastina e o colágeno, resultando no aparecimento de rugas e o envelhecimento precoce da pele. A exposição exagerada aos raios solares, ao longo de muitos anos, pode ocasionar o surgimento de catarata e câncer de pele no indivíduo.

A radiação UV-B (que tem incidência maior durante o verão) sendo mais energética que a primeira, interage com as camadas mais superficiais da pele, e a depender do tempo de exposição, pode provocar dilatação dos capilares sanguíneos, resultando na vermelhidão da pele do indivíduo. Além de também está relacionada ao câncer de pele. Por isso, é extremamente importante fazer uso do protetor solar (que

ofereça proteção contra UV-A e UV-B) e que tenha um alto FPS. A sigla FPS significa fator de proteção solar. Um filtro solar com FPS 30, por exemplo, significa que o indivíduo após realizar a aplicação adequada do mesmo pode ficar exposto aos raios solares um intervalo de tempo 30 vezes maior do que poderia ficar se não estivesse fazendo uso de nenhuma proteção.

Já a radiação UV-C é praticamente toda absorvida pelas camadas superiores da nossa atmosfera (como já foi dito anteriormente nesse vídeo). Os raios UV-C, por serem muito energéticos, interagem com as moléculas de oxigênio (O_2) dessas camadas provocando uma reação química que resulta na formação da molécula de ozônio (O_3). A diminuição da camada de ozônio terá como consequência, infelizmente, casos cada vez mais frequentes de problemas de saúde, como o câncer de pele.

Porém, é importante destacar que a radiação UV-C nem sempre atua como vilã da história. Por ser bastante energética, a luz ultravioleta tipo C é empregada na esterilização de alguns objetos, como materiais de laboratórios e utensílios médicos. Ou seja, tem função germicida; destruindo alguns tipos de germes e bactérias.

Ainda tentando limpar um pouco a barra das radiações ultravioleta, além do efeito germicida (já mencionado), quero dizer que ela pode proporcionar outros efeitos benéficos. Como por exemplo, a radiação ultravioleta atua na saúde das plantas, além de estar relacionada em parte na produção de vitamina D (com as radiações UV-A e UV-B), essencial para nós, seres humanos, e para a saúde de outros seres vivos deste planeta.

Nesse vídeo vimos acerca dos perigos e cuidados em relação as radiações ultravioleta. Espero que tenham gostado, usem protetor solar e óculos de sol e até a próxima aula!

APÊNDICE D – ROTEIRO DO VÍDEO 4: OS RAIOS X

Quantos de vocês já precisaram ser submetidos aos raios X em um hospital ou numa clínica, para obter uma radiografia de um dente ou de um osso fraturado? Quase todos, né. Pois é, dentre outras diversas aplicações, os raios X têm grande aplicabilidade na medicina. A razão disso, explicaremos ao longo deste vídeo.

Os raios X foram descobertos no início de novembro de 1895, quando o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen trabalhava com um tubo de Crookes em seu laboratório. O tubo de Crookes, basicamente, é constituído de uma ampola de vidro que contém um gás a baixa pressão. Gás esse que ao ser submetido a descargas elétricas emitia uma certa luminescência.

Na ocasião da descoberta dos raios X, Röntgen tinha coberto seu tubo de Crookes com papelão preto. Röntgen percebeu que a medida em que ele realizava experimentos com seu tubo, um filme (coberto de platinocianeto de bário) que estava na sua mesa era “velado”, sensibilizado. Após vários testes, Röntgen descobriu várias propriedades desses “raios”, como por exemplo, a capacidade de atravessar certos objetos (mesmo objetos opacos) e que podiam atingir certas distâncias consideráveis. Foi então que Röntgen percebeu que essa radiação, não se tratava de nenhuma das muitas radiações eletromagnéticas já conhecidas da época. Portanto, por não saber a natureza desse novo tipo de radiação, ele a denominou de “raios X”. X de incógnita mesmo! Em 1901, Wilhelm C. Röntgen foi agraciado com o primeiro Prêmio Nobel de Física da história, por suas descobertas dos raios X.

O processo de produção dessa radiação em tubos (ou ampolas) de raios X, acontece quando elétrons (de uma região chamada catodo da ampola) são acelerados (devido a uma alta diferença de potencial elétrico) em direção à um “alvo” denominado anodo. A maior parte da energia cinética dos elétrons é perdida sob a forma de calor, resultando num alto aquecimento do tubo. Uma pequena fração dessa energia é transformada em raios X, quando esses elétrons passam próximos dos núcleos atômicos (ou das eletrosferas) do elemento que compõe o anodo. Os raios X produzidos nesse processo são conhecidos como radiação de frenagem (ou em alemão *bremsstrahlung*). Os raios X podem ser produzidos também quando alguns elétrons acelerados interagem diretamente com o núcleo desses átomos ou com

elétrons orbitais, esse tipo de síntese de radiação é denominada raios X característicos.

A radiação X é um tipo de radiação muito energética. Portanto, possui alto poder de penetração. Ao ponto de atravessar a matéria e sensibilizar um filme do outro lado. Permitindo a obtenção de imagens do interior do corpo. Assim, possibilitando aos médicos a realização de exames não-invasivos do corpo do paciente. O que ocasionou uma verdadeira revolução na medicina!

Algumas das aplicações dos raios X são as seguintes: aplicações na radiologia diagnóstica, como por exemplo, na utilização de um tomógrafo para obtenção de imagens de órgãos internos de um paciente, aplicações na indústria através de ensaios não-destrutivos, como na análise da qualidade de soldas em alguns materiais, como em partes de motores e na visualização de microfissuras em asas de aviões. Por fim, destacamos o fato que esses raios são bastantes usados também em pesquisas científicas, por exemplo, no estudo de estruturas cristalinas, através de técnicas de cristalografia por raios X.

É importante destacar que, sendo os raios X um tipo de radiação ionizante é recomendado que os profissionais que trabalham com esse tipo de radiação, assim como pacientes que são submetidos a esses raios em exames radiodiagnósticos façam uso de equipamentos de proteção individuais (EPI), como medidas de proteção radiológica (como o uso de aventais de chumbo e protetores de tireoide).

APÊNDICE E – ROTEIRO DO VÍDEO 5:

RADIAÇÃO GAMA

Agora, iremos discorrer a respeito daquela que é a mais energética das radiações, a chamada radiação gama. Os raios gama são originados de reações que acontecem nos núcleos de alguns átomos instáveis, como por exemplo, os elementos químicos urânio e rádio.

Por serem formados por ondas eletromagnéticas (como a luz visível), os raios gama não sofrem desvios em suas respectivas trajetórias, como no caso das partículas alfa e beta, quando submetidos a um forte campo eletromagnético.

Poucos meses depois da descoberta dos raios X, por Röntgen, o físico francês Antoine Henri Becquerel estudando amostras de sais de urânio, em 1896, percebeu que uma radiação (semelhante aos raios X) emanava da substância, descobrindo assim o fenômeno da radioatividade. Outros personagens importantes na área da radioatividade são os nomes de Pierre Curie e Marie Curie, descobridores dos elementos radioativos rádio e polônio. Em 1903, o casal Curie, juntamente com Henri Becquerel, foram laureados com prêmio Nobel de física, por suas descobertas e pesquisas em radioatividade. Destacamos também o nome do físico britânico Ernest Rutherford, que em 1911 realizou um famoso experimento que ficou conhecido na história da ciência como “experiência da folha de ouro”, resultando na descoberta do núcleo atômico e avanços no entendimento da estrutura dos átomos. Em 1908, Rutherford recebeu o prêmio Nobel de química, por mostrar que o fenômeno da radioatividade resulta da desintegração atômica.

Os núcleos dos elementos químicos radioativos por serem instáveis sofrem um processo espontâneo denominado decaimento nuclear. O processo consiste no fato que o núcleo instável devido ao excesso de energia, emite partículas e/ou radiação. Fazendo com que o elemento químico passe por um processo de transmutação. Que é a transformação de um elemento químico em outro.

Outro processo no qual podemos observar liberação de energia pelos núcleos radioativos, é o processo denominado fissão nuclear. A fissão nuclear, como o próprio nome já sugere, é a quebra de núcleos radioativos “pesados” em núcleos mais leves de outros elementos químicos.

Na fissão nuclear, um núcleo radioativo é atingido por um nêutron acelerado, ocasionando uma fragmentação do núcleo instável em dois núcleos menores, com a emissão de outros nêutrons acelerados e liberação de energia na forma de radiação gama. Esse processo repete-se indefinidamente resultando no que chamamos de reação em cadeia. É o mesmo processo que ocorre na detonação de uma bomba atômica (como as lançadas pelos EUA, em 1945, nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki no final da 2ª guerra mundial). A fissão nuclear é empregada também nas chamadas usinas nucleares para obtenção de energia elétrica, como as de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro.

É importante não confundir o processo de fissão nuclear com a fusão nuclear. Na fusão nuclear, núcleos de elementos mais leves se fundem formando um núcleo maior. A fusão nuclear, por exemplo, é o processo de produção de energia encontrado nos núcleos das estrelas, como no caso do nosso Sol.

A radioatividade aqui no nosso planeta não é um fenômeno novo. Estando presente desde a formação da Terra! Somos submetidos a pequenas doses de radiação todos os dias. Desde o simples ato de comermos uma banana e fazermos a ingestão de isótopos radioativos de potássio, até mesmo a radiação que provém do solo em que pisamos, e das emissões de isótopos radioativos de alguns minerais presentes nas paredes de nossas casas de tijolos. Denominamos essas radiações de radiação natural. Mas, não se preocupe! Doses de radiação nesses níveis não oferecem riscos graves a nossa saúde.

As aplicações da radiação gama vão desde métodos de datação radioativa, como no uso do carbono-14 no processo de datação de amostras arqueológicas, passando por aplicações na medicina, como nos tratamentos de radioterapia, com elementos radioativos como cobalto-60, até mesmo na obtenção de energia elétrica numa usina nuclear.

E se você, por caso, fosse submetido à intensas doses de radiação gama dificilmente se transformaria em um poderoso monstro verde (como um certo personagem de histórias em quadrinhos). O que provavelmente aconteceria é que você sofreria com alguns dos chamados efeitos biológicos da radiação. Que são problemas decorrentes de exposições intensas ou prolongadas às radiações ionizantes.

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO INICIAL

1. O que é uma onda eletromagnética?
2. Nós, seres humanos, conseguimos enxergar alguma faixa de frequência do espectro eletromagnético? Se sim, qual (ou quais) onda(s) eletromagnética(s) conseguimos enxergar?
 - a) Ondas de rádio, Luz visível, Raios X e Raios Gama.
 - b) Microondas, Infravermelho, Radiações Ultravioletas e ondas mecânicas.
 - c) Só conseguimos enxergar uma pequena faixa do espectro eletromagnético denominada de espectro visível.
 - d) Não conseguimos enxergar nenhuma das radiações eletromagnéticas.
3. As ondas eletromagnéticas emitidas e recebidas pelo aparelho de celular são prejudiciais à saúde humana?
 - a) Sim.
 - b) Não.
 - c) Não tenho certeza.
4. Você conhece este símbolo ao lado? Se sim, explique o significado desta imagem.
5. Você já ouviu falar em radiação ionizante?
 - a) Sim.
 - b) Não.
 - c) Não tenho certeza.
6. O que significa a sigla FPS (que aparece nos recipientes de filtro solares)? E por que devemos utilizar um protetor solar com um FPS considerável?
 - a) A sigla FPS significa frequência da potência solar média e devesse utilizar um filtro solar com FPS relevante porque o Sol emite apenas radiações não-ionizantes.

- b) A sigla FPS significa fator de proteção solar e quanto maior for o FPS de um filtro solar, maior também será o tempo que o indivíduo poderá ficar sendo expostos às radiações emitidas pelo Sol.
- c) FPS significa frequência prejudicial de Solstício e devesse usar protetores solares com um alto FPS para amenizar essa frequência de radiação prejudicial da estrela.
- d) FPS significa força prejudicial do Sol e em hipótese nenhuma devemos utilizar um protetor solar de FPS maior do que 30.

7. Você já ouviu falar em radiação gama ou radiação X?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não tenho certeza.

8. Uma gestante pode ser submetida a exames radiodiagnósticos? Justifique sua resposta.

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não tenho certeza.

9. Por que nos exames radiodiagnósticos, os pacientes têm que usar protetores radiológicos (como por exemplo, protetores de tireoide e aventais de chumbo)?

APÊNDICE G – AVALIAÇÃO FINAL DA APRENDIZAGEM

1. Nós, seres humanos, conseguimos enxergar alguma faixa de frequência do espectro eletromagnético? Se sim, qual (ou quais) onda(s) eletromagnética(s) conseguimos enxergar?
 - a) Ondas de rádio, Luz visível, Raios X e Raios Gama.
 - b) Microondas, Infravermelho, Radiações Ultravioletas e ondas mecânicas.
 - c) Só conseguimos enxergar uma pequena faixa do espectro eletromagnético denominada de espectro visível.
 - d) Não conseguimos enxergar nenhuma das radiações eletromagnéticas.

2. As ondas eletromagnéticas emitidas e recebidas pelo aparelho de celular são prejudiciais à saúde humana?
 - a) Sim.
 - b) Não.
 - c) Não tenho certeza.

3. O que significa a sigla FPS (que aparece nos recipientes de filtro solares)? E por que devemos utilizar um protetor solar com um FPS considerável?
 - a) A sigla FPS significa frequência da potência solar média e devesse utilizar um filtro solar com FPS relevante porque o Sol emite apenas radiações não-ionizantes.
 - b) A sigla FPS significa fator de proteção solar e quanto maior for o FPS de um filtro solar, maior também será o tempo que o indivíduo poderá ficar sendo expostos às radiações emitidas pelo Sol.
 - c) FPS significa frequência prejudicial de Solstício e devesse usar protetores solares com um alto FPS para amenizar essa frequência de radiação prejudicial da estrela.
 - d) FPS significa força prejudicial do Sol e em hipótese nenhuma devemos utilizar um protetor solar de FPS maior do que 30.

4. (ENEM 2009) Considere um equipamento capaz de emitir radiação eletromagnética com comprimento de onda bem menor que a da radiação ultravioleta. Suponha que a

radiação emitida por esse equipamento foi apontada para um tipo específico de filme foi posicionado o pescoço de um indivíduo. Quanto mais exposto à radiação, mais escuro se torna o filme após a revelação. Após acionar o equipamento e revelar o filme, evidenciou-se a imagem mostrada na figura abaixo.



Dentre os fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e os átomos do indivíduo que permitem a obtenção desta imagem inclui-se a

- a) Absorção da radiação eletromagnética e a consequente ionização dos átomos de cálcio, que se transformam em átomos de fósforo.
- b) Maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de cálcio que por outros tipos de átomos.
- c) Maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de carbono que por átomos de cálcio.
- d) Maior refração ao atravessar os átomos de carbono que os átomos de cálcio.
- e) Maior ionização de moléculas de água que de átomos de carbono.

5. (ENEM 2012) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

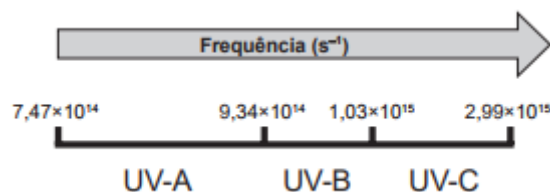
“Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação.”

Física na Escola, V. 8, n. 2, 2007 (adaptado).

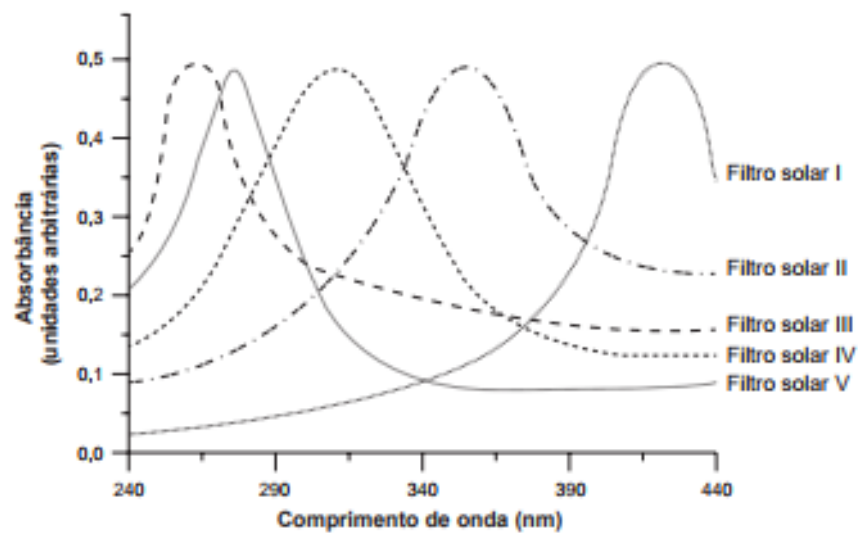
A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

- O material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- A utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- A contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.
- O material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
- O intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

6. (ENEM 2015) A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura.



Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere: velocidade da luz = $3,0 \times 10^8$ m/s e $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9}$ m

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o

- a) V.
- b) IV.
- c) III.
- d) II.
- e) I.

7. (ENEM 2020) Embora a energia nuclear possa ser utilizada para fins pacíficos, recentes conflitos geopolíticos têm trazido preocupações em várias partes do planeta e estimulado discussões em massa. Além do potencial destrutivo da bomba atômica, uma grande preocupação associada ao emprego desse artefato bélico é a poeira radioativa deixada após a bomba ser detonada.

- a) Qual o processo envolvido na detonação dessa bomba?
- b) Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.
- c) Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por elétrons.
- d) Desintegração nuclear do plutônio, provocada por pósitrons.
- e) Decaimento radioativo do carbono, provocado por partículas beta.

8. Qual dos tipos de aula(s) você prefere?

- a) Aulas tradicionais, com predominância do uso do quadro branco e livros didáticos.
- b) Aulas experimentais, com experiências realizadas em sala de aula (ou no laboratório de ciências da escola) que evidenciem os conceitos estudados e promovam uma melhor compreensão dos fenômenos.
- c) Aulas com animações, vídeos explicativos e simuladores computacionais (que poderão ser apresentadas pelo professor, em sala de aula, ou no laboratório de informática da escola) facilitando a assimilação dos conceitos e fenômenos estudados durante as aulas.
- d) Aulas experimentais e com recursos de multimídias (como animações educacionais, vídeos explicativos, simuladores computacionais etc), possibilitando uma melhor compressão dos conceitos e fenômenos estudados em sala de aula.

9. Você considera que a compreensão dos conteúdos abordados durante as aulas, foi facilitada pela exibição dos vídeos animados?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não tenho certeza.

10. Como você classificaria o seu grau de satisfação no que se refere a aplicação e qualidade deste produto educacional?

- a) Excelente.
- b) Bom.
- c) Regular.
- d) Ruim.